

РАЗРАБОТКА СПОСОБА НАПЫЛЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДОЭ

С.А. Фомченков, Р.В. Скиданов

Институт систем обработки изображений РАН, Самара, Россия,
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) (СГАУ), Самара, Россия

Предложена конструкция квазизамкнутого испарителя многокомпонентных материалов высокую однородность напыляемых пленок. Термическим испарением в вакууме были получены пленки халькогенидов. Проведены исследования однородности физических свойств и равномерности пленок по толщине.

Ключевые слова: термическое испарение в вакууме, халькогениды, тонкие пленки, дифракционная оптика

Введение

При изготовлении ДОЭ очень важным моментом является однородность получаемых пленок. В качестве материалов для напыления тонких пленок, охватывающих видимый и инфракрасный диапазоны спектра, достаточно широко используются некоторые составы халькогенидов. Характерными свойствами данных материалов являются высокое значение показателя преломления и высокая однородность получаемых на их основе пленок.

В работе были исследованы пленки на основе следующих составов: кадмий теллуристый (CdTe $n=3,1$ при $\lambda=3$ мкм), германий теллурид (GeTe $n=6,1$ при $\lambda=1$ мкм), сурьма (III) сернистая (Sb_2S_3 $n=2,85$ при $\lambda=3$ мкм) и свинец (II) теллуристый (PbTe $n=5,6$ при $\lambda=5$ мкм).

Получение тонких пленок с помощью квазизамкнутого испарителя

Для получения качественных пленок на поверхности подложек необходимо обеспечить хорошую адгезию напыляемых материалов, а, следовательно, высокую степень чистоты поверхности. Для достижения высокой степени чистоты поверхности, подложки подвергались плазменной очистке. В качестве реагента в данной системе используется низкотемпературная плазма из смеси активных газов: кислорода и аргона. Плазма взаимодействует и превращает загрязнения в летучие компоненты, удаляемые с поверхности.

Основными методами получения тонкопленочных структур являются термовакuumное (резистивное) испарение и магнетронное распыление. Суть процесса термовакuumного испарения состоит в переводе осаждаемого материала с помощью нагрева в парогазовую фазу. Образующийся при этом парогазовый поток в высоком вакууме попадает на подложку, поверхность которой холоднее источника пара, при этом происходит конденсация и образование пленки.

Преимуществами метода являются: высокая скорость осаждения, возможность получения толстых покрытий. К недостаткам относят: возможную неоднородность получаемых покрытий, при этом как структурную, так и пространственную (отличие толщины пленки на различных ее участках). При этом, процесс испарения и качество нанесенных пленок в значительной мере определяются типом и конструкцией испарителей.

Резистивные испарители имеют высокий КПД, низкую стоимость материалов, малые размеры и их легко изготавливать. Среди резистивных испарителей, самыми распространенными являются ленточные испарители. Они применяются для испарения металлов, плохо удерживающихся на проволочных испарителях, а также диэлектриков. Наиболее распространенными материалами для таких испарителей является фольга толщиной 0,1 - 0,3 мм из вольфрама, молибдена и тантала. Для напыления пленок использовалась установка вакуумного напыления УВН-2М-2. Данная установка имеет три позиции испарения, поэтому возможно напыления трех различных составов в одном рабочем цикле.

Важнейшими из требований, предъявляемыми к многокомпонентным элементам, являются воспроизводимость состава исходного материала и гомогенность элемента по составу, структуре и дисперсности, то есть химический состав и физические свойства которого во всех частях одинаковы [1]. В гомогенной системе из двух и более химических компонентов каждый компонент распределен в массе другого в виде молекул, атомов, ионов.

В случае бинарных и многокомпонентных составов исходных материалов, вследствие различных температур плавления и испарения отдельных компонент, возможно получение неоднородных в своей структуре по составу и свойству пленок.

Для получения качественных, стехиометричных пленок были исследованы различные существующие испарители многокомпонентных материалов [2]. В результате исследований были выявлены множественные недостатки существующих вариантов испарителей: низкий коэффициент полезного действия, высокий расход материалов, неустойчивость в работе, неоднородность получаемых пленок по толщине, сложность изготовления и другие. Проанализировав устройство, конструкции и недостатки испарителей, был разработан и изготовлен собственный вариант «квазизамкнутого» испарителя многокомпонентных материалов, принципиальная схема которого представлена на рис. 1.

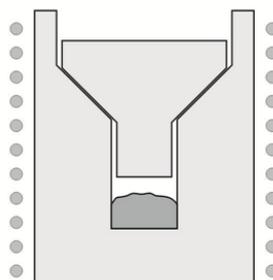


Рис. 1. Принципиальная схема «квазизамкнутого» испарителя многокомпонентных материалов

Испаритель обладает простотой изготовления. Изготавливался из стержня мелкозернистого графита марки МГ-1. Данная марка графита была выбрана за наиболее подходящие физические характеристики для поставленной цели. Испаритель многокомпонентных материалов состоит из внешнего стакана диаметром, образующего корпус устройства, и коаксиально вставленного в него клапана (выполняющего функции заслонки).

Принцип работы квазизамкнутого испарителя многокомпонентных материалов можно описать следующим образом. В исходном состоянии клапан-заслонка плотно примыкает к корпусу испарителя, образуя при этом камеру испарения и смешивания компонент исходного вещества. Испаритель устанавливается вертикально в вакуумной камере установки термовакуумного напыления. Корпус испарителя можно нагревать с помощью внешнего нагревательного элемента или непосредственно пропуская ток через сам испаритель.

При определенной температуре, зависящей от состава испаряемого вещества, в камере испарения и смешивания накапливаются пары испаряемого материала. При достаточном давлении паров вещества, клапан-заслонка приподнимается, образуя зазор кольцевой формы между клапаном-заслонкой и корпусом испарителя, и происходит разгерметизация камеры испарения и смешивания. Пары вещества через созданный зазор, устремляются к подложке, расположенной над испарителем. При этом давление внутри камеры испарения и смешивания уменьшается, клапан опускается на исходное место и отделяет камеру испарения и смешивания от выходного отверстия. Далее процесс циклически повторяется.

Угол наклона средней части клапана равен углу наклона средней части внутренних стенок корпуса, что обеспечивает: во-первых, герметичность камеры в исходном положении, а во-вторых, самоцентрирование клапана при опускании, и сохранение коаксиального расположения. Это обеспечивает постоянную картину распределения интенсивности напыляемого на подложку вещества.

Конструкция испарителя обеспечивает более высокий коэффициент полезного действия и меньший расход материала, в отличие от других существующих испарителей. Так как поток паров испаряемого вещества при прохождении через зазор направляется исключительно вверх, как в момент, идущий сразу после открывания клапана-заслонки, так и в момент достижения клапаном максимальной точки подъема. Это позволяет при расходовании меньшего количества материала, получать более толстые пленки, что является важным преимуществом по сравнению с другими испарителями.

С целью исследования однородности получаемых пленок по толщине был использован электронный интерферометр Zygo NewView 7300. Данный интерферометр позволяет получить трехмерную модель поверхности пленки и делать вывод о равномерности и однородности по толщине полученных пленок. В результате измерений отклонение толщины пленки на квадратном участке с длиной стороны 1000 мкм не превысило 0,1 мкм, что подтверждает получение однородной картины распределения конденсируемого материала на поверхности подложки с помощью испарителя.

Заключение

В результате предложенного способа напыления многокомпонентных материалов с помощью испарителя квазизамкнутого объема были получены однородные и равномерные по толщине пленки халькогенидов гомогенные по составу и дисперсности, что позволяет использовать данный способ и испаритель при напылении пленок с целью изготовления ДОЭ.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ и гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00114)».

Литература

1. Волков, А.В. Формирование микрорельефа с использованием халькогенидных стеклообразных полупроводников / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев // Компьютерная оптика. – 2011. – т. 35, – № 3, – С. 74-77. – ISSN 0134-2452.
2. Волков, А.В. Формирование микрорельефа ДОЭ с использованием халькогенидных стеклообразных полупроводников / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, Г.Ф. Костюк // Компьютерная оптика. – 2010. – т. 34, – № 2, – С. 129-131. – ISSN 0134-2452.